



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

MALLIPOHJAINEN LAA- DUNVARMISTUS VÄYLÄ- URAKASSA

TEKIJÄ: Ville Nyyssönen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Ville Nyyssönen			
Työn nimi Mallipohjainen laadunvarmistus väyläurakassa			
Päiväys	15.4.2015	Sivumäärä/Liitteet	23/7
Ohjaaja(t) Tuntiopettaja Juha Pakarinen, tuntiopettaja Mervi Heiskanen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Destia Oy/Kehityspäällikkö Mika Jaakkola			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työn tavoitteena oli tehdä Destia Oy:n tienrakennushankkeisiin ohje mallipohjaisen laadunvarmistuksen hyödyntämiseksi ennen virallisen ohjeistuksen valmistumista. Ennen virallisen ohjeistuksen valmistumista jokaisella hankkeella on laadittava erillinen toimintatapasopimus mallipohjaisen laadunvarmistuksen käytöstä.</p> <p>Oman tietotaidon, kirjallisuuden sekä työmaalta hankitun kokemuksen ja mittaustulosten pohjalta laadittiin rakentamisohjeet tarkkuusvaatimuksineen ja esimerkki mallipohjaisen laadunvarmistuksen toteutuksesta tietyllä tiehankkeella.</p> <p>Työn tuloksena saatiin mallipohjaisen laadunvarmistuksen ohje, jota voidaan käyttää tulevilla väylähankkeilla ennen virallisen ohjeistuksen valmistumista. Lisäksi koottiin lyhyt ohjeistus mallipohjaisesta laadunvarmistuksesta työnjohdolle ja koneiden kuljettajille. Ohjeet ovat opinnäytetyön liitteenä.</p>			
Avainsanat mallipohjainen laadunvarmistus, tiehanke			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Ville Nyyssönen			
Title of Thesis Instructions for model-based quality assurance in road contract			
Date	15 April 2015	Pages/Appendices	23/7
Supervisor(s) Mr Juha Pakarinen, Full-time Teacher, Ms Mervi Heiskanen, Full-time Teacher			
Client Organisation /Partners Mr Mika Jaakkola, Development Manager, Destia Ltd			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to make a general instruction for utilizing the model-based quality assurance on road-building projects before the formal guidelines are qualified. Before these formal guidelines are completed, a separate procedure about the use of model-based quality assurance has to be drawn up for each project. This thesis was commissioned by Destia Ltd.</p> <p>The building instructions with its accurate requirements and an example of the use of model-based quality assurance on certain road projects were made on the basis of own knowledge, literature and experience gained in work. This thesis presents clearly what kind of actions are usually required for road constructions and what kind of features model-based quality assurance entails.</p> <p>The result of this thesis was an instruction for model-based quality assurance, which can be used for road-building before the formal guidelines are qualified. In addition a short guideline of the model-based quality assurance for work management and machine operators was made. This thesis gathers a versatile ensemble of both quality assurance and model-based quality assurance.</p>			
Keywords model-based quality assurance, road project			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	TYÖNAIKAINEN LAADUNVARMISTUS	7
2.1	Laadunvarmistus maaleikkauksissa	7
2.2	Laadunvarmistus penkereissä	8
2.3	Laadunvarmistus suodatinkerroksen tekemisessä	9
2.4	Laadunvarmistus jakavan kerroksen tekemisessä	10
2.5	Laadunvarmistus sitomattoman kantavan kerroksen tekemisessä	11
3	MALLIPOHJAINEN RAKENTAMINEN	12
3.1	Maastomalli	12
3.1.1	Tietosisältö ja laatuvaatimukset	12
3.1.2	Tiedonkeruumenetelmät	12
3.1.3	Maastomallin tuottaminen ja editointi	13
3.2	Mallipohjainen suunnittelu	14
3.3	Mallintarkastus	14
3.4	Tietomallin käyttö rakentamisessa	15
3.4.1	Kaivavat koneet/ opastava järjestelmä	15
3.4.2	Puskevat koneet/ ohjaavat järjestelmät	15
3.4.3	Infrakit-mallinkatseluohjelma työnjohdolle ja tilaajalle	16
4	LAADUNVARMISTUS MALLIPOHJAISESTI	19
4.1	Työkoneiden mittalaitteiden tarkkuuden tarkastaminen	19
4.2	Työkoneilla suoritettujen tarkemittausten tarkkuuden todentaminen	19
5	KULJETTAJIEN VASTUUTTAMINEN LAADUNVARMISTUKSESTA	21
5.1	Mittausten suorittaminen	21
5.2	Työvaiheen laadun hyväksyttäminen	21
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	22
	LÄHTEET	23
	LIITE 1: TYÖKONEEN TARKASTUSTAULUKKO VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.	
	LIITE 2: MITTALAITTEEN TARKASTUSTAULUKKO VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.	
	LIITE 3: TODENTAMISJAKSO KUVA	24
	LIITE 4: TODENTAMISJAKSOTAULUKKO	VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.

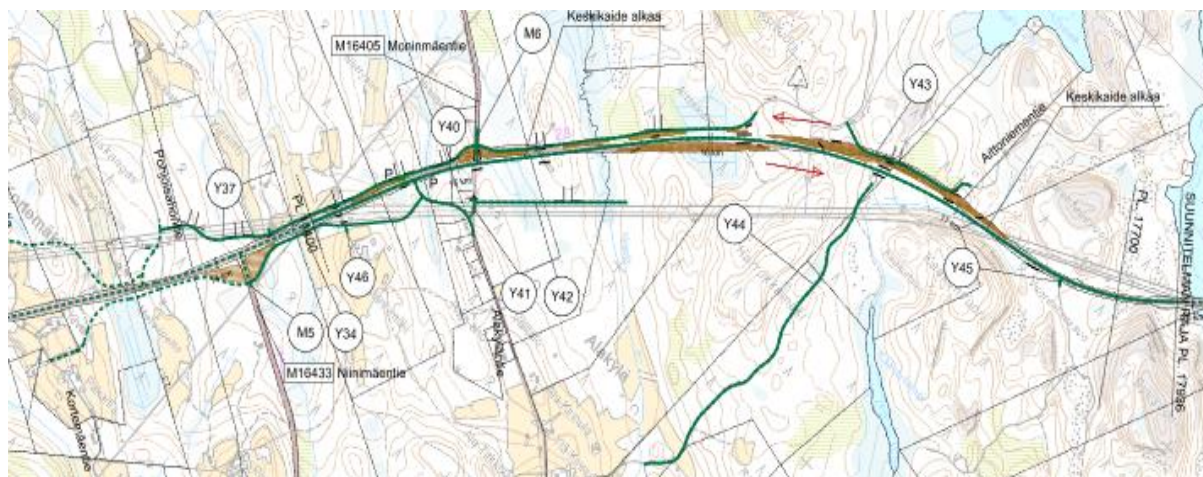
LIITE 5: TODENTAMISJAKSOTAUUKON SELITYSOSA	25
LIITE 6: TYÖKONEILLA TEHTÄVIEN TARKEMITTAUSTEN OHJEISTUS KULJETTAJILLE	26
LIITE 7: MALLIPOHJAISEN LAADUNVARMISTUKSEN MUISTILISTA TYÖNJOHDOLLE	27

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on mallipohjainen laadunvarmistus väyläurakassa. Aiheen sain Destia Oy:ltä työskennellessäni työnjohtoharjoittelijana kesällä 2014 Destia Oy:n Vt23 parantamishankkeella, jossa otettiin käyttöön mallipohjainen laadunvarmistus. Kesän aikana esille tulleiden ongelmatilanteiden johdosta tunnettiin tarvetta selkeälle ohjeistukselle siitä, millaisia seikkoja tulee ottaa huomioon siirtäessä mallipohjaiseen laadunvarmistukseen, jotta vältytään ylimääräiseltä työltä asioita selvittäessä. Työn tarkoituksena on luoda ohje mallipohjaisen laadunvarmistuksen toteuttamisesta väyläurakassa. Työssä hyödynsin aiheeseen liittyvää kirjallisuutta sekä työmaalta saamaani tietoa ja kokemusta.

Destia Oy:n juuret ulottuvat yli 200 vuoden päähän, yritys on toiminut Suomen valtion omistamana eri nimillä vuoteen 2007 saakka jolloin nykyinen nimi Destia otettiin käyttöön. Suomen valtio myi Destia Oy:n Ahlström Capitalille 1.7.2014. Nykyisessä muodossaan destia työllistää n. 1500 hlö ja sen liikevaihto on luokkaa 400 - 500 Milj. € vuodessa. Destia on jaettu neljään tulosityksikköön Etelä-Suomi, Itä-Suomi, Länsi-Suomi ja Pohjois-Suomi. Näiden tulosityksiköiden alaisuuteen on alistettu erikoisrakentamisen yksiköt Rata-, Kivi-, Kallio- ja Kalustoliiketoiminta. (destia.fi.)

Tässä työssä käytetään esimerkkinä Vt 23 Varkaus -Viinijärvi hankkeen kohtaa Alakylän ohituskaistat (kuva1). Alakylän ohituskaistat ovat tyyppiä 2+2. Parannettavan osuuden kokonaispituus on n. 3 km. Hanke kattaa ohituskaistaparin rakentamisen yksityistiejärjestelyineen. Hankkeen kesto 3/2014-8/2015 ja kokonaiskustannus n. 5 Milj. €. (ely-keskus.fi.)



KUVA 1. Alakylä (Ely-keskus.fi)

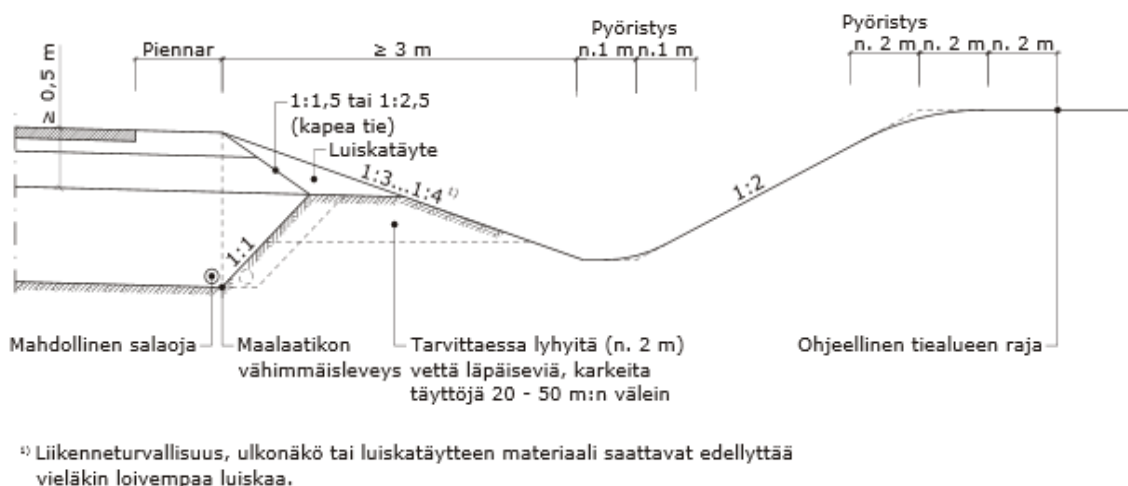
2 TYÖNAIKAINEN LAADUNVARMISTUS

Työaikaisella laadunvarmistuksella pyritään varmistamaan rakentamisen laatua rakentamisen kaikissa vaiheissa. Työaikainen laadunvarmistus käsittää rakenteiden tarkemmittamista ja materiaalien laaduntarkkailua työaikana. Mallipohjaista laaduntarkkailua koskevat samat kriteerit kuin perinteistä laaduntarkkailua.

2.1 Laadunvarmistus maaleikkauksissa

Maaleikkauksen tekeminen tierakenteissa

Suunnitelmissa esitetyt ja työn aikana routiviksi todetut leikkauspohjat on sekoitettava tasalaatuisiksi ja niiltä on poistettava kivet, joita routa on nostattanut. Edellä mainituilla toimenpiteillä minimoidaan routanousueroja. Leikkausalueella vanhat ojat ja muut kuopat täytetään alusrakennetta vastaavalla maalla ja tiivistetään. Jos kuoppia on paljon eikä täyttö onnistu pohjamaata vastaavalla maalla, rakennetaan maalaatikko. Tierakenteissa maaleikkaukset muotoillaan kuvan 2 mukaisesti. (InfraRYL 2012/1, 16110.)



KUVA 2. Maaleikkauksen muotoilu (InfraRYL 2012/1, 16110.)

Kalliokohtien paljastaminen

Kallioleikkauksia paljastettaessa täytyy kallionpinnanpuhdistus ulottaa 1,0 m teoreettista kallioleikkauksen reunaa leveämmälle. Luiskissa on huomioitava kasvualustan työvara A3 nurmikon osalta. Muut nurmetusluokat eivät vaadi erillistä työvaraa. Maanleikkausluiskissa olevat lohkarieet ja kallio-kohoumat, jotka rumentavat luiskaa tai ovat vaaraksi liikenteelle, on räjäytettävä rikki verhoiluvaran vaatimaan syvyyteen saakka. (InfraRYL 2012/1, 16110.)

Maaleikkauksen laadun tarkastelu

Vähintään kolmasosassa tierakenteista on luiskan kaltevuudet ja leikkauksen syvyys tarkastettava taitepisteiltä 20 m:n välein takymetrimittauksella tai jollakin muulla luotettavaksi havaitulla menetelmällä. Leikkauspintojen tasaisuutta voidaan arvioida lisäksi silmämääräisesti tai 3 m:n oikolautaa

apuna käyttäen (taulukko 1). Laaduntarkastelumittaukset on suoritettava sulan maan aikaan. (InfraRYL 2012/1, 16110.)

TAULUKKO 1. Maaleikkauksen laatuvaatimukset (InfraRYL 2012/1, 16110.)

Taulukko 16110:T1. Maaleikkaustöiden tarkkuus- ja tasaisuusvaatimukset.

Tarkasteltava rakenne	Tarkkuusvaatimus, mm
Leikkausluiskien taitepisteiden sijainti vaakasuunnassa	0...+ 200
Leikkauspohjan korkeustaso rakennekerrosten alla, yksittäinen poikkeama ¹⁾	0...– 100
Ojan pohjan sijainti vaakasuunnassa	± 150
Ojan pohjan korkeustaso ²⁾	0...– 100

Tarkasteltava rakenne	Tarkkuusvaatimus, mm
-----------------------	----------------------

¹⁾ Louhepatjan alla 0...– 200 mm

²⁾ Ojan pohjalle ei saa syntyä yli 50 mm syviä lammikoita.

Luiskapinnat tehdään suoriksi tasoiksi pyöristyksiä lukuun ottamatta siten, että pinnoille ei jää epätasaisuutta eikä hoitoa haittaavia kiviä.

Verhoiltavia luiskia leikattaessa otetaan huomioon verhouksen vaatima työvara. Nurmetuksen kasvualustaa vaaditaan mainitun louhintatapauksen lisäksi nurmikoilla A1...A3 ja maisemanurmi 2 -alueella. Maaluiskassa olevat lohkarieet ja liikenteelle vaaralliset kalliokohoumat poistetaan verhouksen kasvualustan edellyttämään syvyyteen.

Nurmikko A3 ja maisemanurmi 1 -alueiden sekä nurmetettavien näkemäleikkausten ja muiden suunnitelma-asiakirjoissa erikseen osoitettujen alueiden tulee täyttää koneellisen niiton asettamat vaatimukset. Niittoalueella tasaisuusvaatimus on 50 mm 3 m:n matkalla. Muualla riittää huolellista kaivutyötä vastaava tarkkuus.

2.2 Laadunvarmistus penkereissä

Penkereen tekeminen tierakenteissa

Tiepenkereen pengerrystapa valitaan taulukon 2 perusteella.

TAULUKKO 2. Pengerrystavan valinta tie- ja katurakenteissa. (InfraRYL 2012/1, 18110.)

Taulukko 18110:T4. Pengerrystavan valinta tie- ja katurakenteissa.

Kuormitusluokka/ (katuluokka)	Kerrospengerrys pengerkorkeus tien pinnasta	Päätypengerrys pengerkorkeus tien pinnasta
0,8...25 (1...4)	< 5 m	> 5 m ¹⁾
0,1...0,4 (5...6)	< 3 m	> 3 m

¹⁾ Pengerkorkeutena voidaan käyttää > 3 m, kun päällysrakenne tehdään aikaisintaan 1 vuoden kuluttua pengertämisestä.

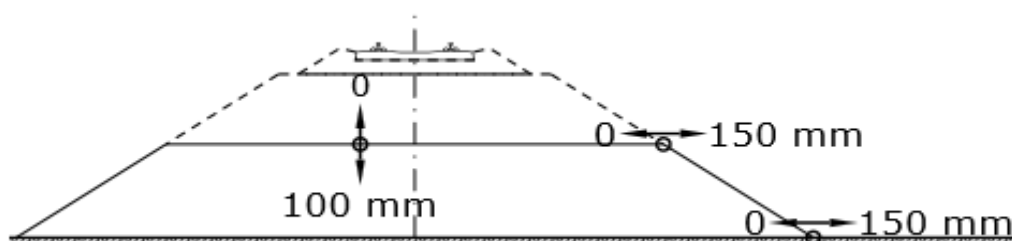
Päätypengerrystä voi sorapintaisilla teillä ja kaduilla käyttää syvemmällä kuin tien pinta –1 m.

Penkereen laadun tarkastelu

Tiepenkereen mitat ja muoto tarkastetaan 20 m:n välein mittaamalla poikkileikkauksesta sekä taitepisteet että taitepisteiden välit 1 m:n välein. Penkereen laatua tarkkaillaan myös tiiveyttä kokeellisesti ja työmenetelmätarkkailulla. Työmenetelmätarkkailu koskee pengermateriaalin laadunvalvontaa, kerrospaksuuksia sekä jyräyskertoja. (InfraRYL 2012/1, 18110.)

Penkereen laatuvaatimukset

Valmis penger on korkeusasemaltaan ja muodoltaan suunnitelmien mukainen eikä penkereen pinnalle voi muodostua vesilammikoita. Kuten kuvasta 3 nähdään, suurin sallittu keskimääräinen poikkeama alaspäin on 50 mm ja suurin sallittu yksittäinen poikkeama alaspäin on 100 mm. Suurin sallittu vaakasuuntainen poikkeama on 150 mm ulospäin. (InfraRYL 2012/1, 18110.)



KUVA 3. Maapenkereen tarkkuusvaatimukset (InfraRYL 2012/1, 18110.)

2.3 Laadunvarmistus suodatinkerroksen tekemisessä

Suodatinkerroksen tekeminen tierakenteissa

Suodatinkerros voidaan tehdä yhtenä tai useampana kerroksena riippuen kerroksen paksuudesta ja käytettävästä tiivistyskalustosta. (InfraRYL 2012/1, 21110.)

Suodatinkerroksen laadun tarkastelu

Suodatinkerroksen mitat ja muoto tarkastetaan mittaamalla poikkileikkauksen taitepisteet 20 m:n välein (taulukko 3). Suodatinkerroksen tiiveyttä tarkastellaan satunnaisesti 100 m:n välein kultakin ajoradalta eli suunnitelmissa toisin vaadita. (InfraRYL 2012/1, 21110.)

TAULUKKO 3. Suodatinkerroksen laatuvaatimukset (InfraRYL 2012/1, 21110.)

Taulukko 21110:T1. Suodatinkerroksen sallitut poikkeamat.

	Sallittu poikkeama
Tasosijainti	
Tasosijainnin poikkeama vaakasuunnassa	– 0 / + 150 mm
Taso	
Yksittäinen poikkeama kohtisuoraan pintaa vastaan	± 40 mm
Yksittäisen poikkeaman muutos	50 mm / 20 m
Tason keskiarvon poikkeama kohtisuoraan pintaa vastaan	± 20 mm
Kaltevuus	± 1,5 %-yksikköä

2.4 Laadunvarmistus jakavan kerroksen tekemisessä

Jakavan kerroksen tekeminen tierakenteissa

Jakava kerros voidaan rakentaa yhtenä tai useampana kerroksena riippuen kerrospaksuudesta, materiaalista ja tiivistyskalustosta. Ohuen jakavan kerroksen voi tehdä myös yhdistettynä rakenteena kantavan kerroksen kanssa kantavan kerroksen materiaalista. Jakava kerros on rakennettava siten, ettei alusrakenteeseen synny uria kuljetuskaluston painosta johtuen. Jakavaa kerrosta rakennettaessa on huomioitava, ettei materiaali pääse lajittumaan varastoinnin, kuljetuksen tai levittämisen aikana. Jos jakavaa kerrosta rakennetaan talvella, on huolehdittava kerroksen tiivistämisestä ennen kuin materiaali pääsee jäätymään. (InfraRYL 2012/1, 21210.)

Jakavan kerroksen laadun tarkastelu

Valmiin jakavan kerroksen mitat ja muoto tarkastetaan mittaamalla poikkileikkauksen taitepisteiltä 20 m:n välein (taulukko 4). Jakavan kerroksen tiiveyttä tarkastellaan satunnaisesti 100 m:n välein kultakin ajoradalta ja yli 1,5 m:n pientareelta. (InfraRYL 2012/1, 21210.)

TAULUKKO4. Jakavan kerroksen laatuvaatimukset (InfraRYL 2012/1, 21210.)

Taulukko 21210:T4. Jakavan kerroksen sallitut poikkeamat.

Ominaisuus	Sallittu poikkeama
Rakenteen yläpinnan tasosijainti	
Poikkeama vaakasuunnassa	– 0 / + 150 mm
Em. poikkeaman muutos 20 m:n matkalla	100 mm
Rakenteen yläpinnan korkeustaso	

Ominaisuus	Sallittu poikkeama
Yksittäinen poikkeama kohtisuoraan pintaa vastaan	± 30 mm
1)	30 mm
Yksittäisen poikkeaman muutos 20 m:n matkalla	± 15 mm
Keskiarvon poikkeama kohtisuoraan pintaa vastaan	
Rakenteen yläpinnan kaltevuuden poikkeama	± 1,0 %-yksikköä
Tasaisuus 3 m:n oikolaudalla mitattuna	20 mm
1) Tähtäysmerkkien ja mittakepin avulla mitataan poikkeama kohtisuoraan pintaa vasten, mutta takymetri-mittauksessa poikkeama pystysuuntaan.	

2.5 Laadunvarmistus sitomattoman kantavan kerroksen tekemisessä

Sitomattoman kantavan kerroksen tekeminen tierakenteissa

Sitomaton kantava kerros levitetään yhtenä kerroksena ja tiivistetään työhön soveltuvalla tiivistyskalustolla. Sitomattoman kantavan kerroksen materiaali täytyy varastoida, kuljettaa ja levittää siten, ettei se pääse lajittumaan. (InfraRYL 2012/1, 21310.)

Sitomattoman kantavan kerroksen laaduntarkastelu

Valmiin sitomattoman kantavan kerroksen mitat ja muoto tarkistetaan mittaamalla poikkileikkausten taitepisteet 20 m:n välein (taulukko 5). Kantavuus mitataan satunnaisesti 100 m:n välein kultakin ajoradalta ja yli 1,5 m:n pientareelta. (InfraRYL 2012/1, 21310.)

TAULUKKO 5. Sitomattoman kantavan kerroksen laatuvaatimukset (InfraRYL 2012/1, 21310.)

Taulukko 21310:T3. Kantavan kerroksen sallitut poikkeamat.

Ominaisuus	Sallittu poikkeama
Rakenteen yläpinnan tasosijainti	
Poikkeama vaakasuunnassa	– 0/+ 150 mm
Em. poikkeaman muutos 20 m:n matkalla	100 mm
Rakenteen yläpinnan korkeustaso	
Yksittäinen poikkeama kohtisuoraan pintaa vastaan ¹⁾	± 20 mm
Yksittäisen poikkeaman muutos 20 m:n matkalla	20 mm
Keskiarvon poikkeama kohtisuoraan pintaa vastaan	± 10 mm
Rakenteen yläpinnan kaltevuuden poikkeama	± 0,5 %-yksikköä
Tasaisuus 3 m:n oikolaudalla mitattuna	12 mm
¹⁾ Tähtäysmerkkien ja mittakepin avulla mitataan poikkeama kohtisuoraan pintaa vasten, mutta takymetri-mittauksessa poikkeama pystysuuntaan.	

3 MALLIPOHJAINEN RAKENTAMINEN

3.1 Maastomalli

3.1.1 Tietosisältö ja laatuvaatimukset

Tiesuunnittelussa käytettävä maastomalli muodostuu maa- ja kalliopinnat kattavasta pintamallista. Pintamalli koostuu luokitelluista taiteviivoista ja hajapisteistä. Lisäksi maastomalliin sisältyy myös kartoitustietoja, joita ei käytetä pintamallin muodostamiseen. Kartoitustietoihin kuuluu maanalaiset ja maanpäälliset rakenteet sekä maanpinnalla olevat pintaa pitkin mittaamattomat kuviorajat. Yli 5 metriä leveiden ojien ja purojen sekä suurempien vesistöjen pohjien mittaamisesta sovitaan projektikohtaisesti. Pienempien ojien ja purojen pohjien kartoitustiedot kuuluvat maastomalliin. (Liikenneviraston ohjeita 18/2011.)

Maastomallin tarkkuusvaatimukseksi on määritelty yksikäsitteisten kohteiden mittaamisen keskimääräiseksi virheeksi maksimissaan 50 mm. Mittatarkkuus käsittää viivamaisten kohteiden taitepisteet sekä pistemäiset kohteet. Korkeuden mittaamisessa tarkkuusvaatimus koskee pintoja, jotka voidaan määrittää yksiselitteisesti. Rakentamattoman maaston korkeuden mittaamisen tulkintaepävarmuus otetaan huomioon mittaustuloksia tarkastellessa. (Liikenneviraston ohjeita 18/2011.)

Maastomallin mittausprosessin ensimmäisessä vaiheessa valitaan menetelmä, jolla tiedonkeruu suoritetaan. Kaikissa menetelmissä, lukuun ottamatta maastomittausta, tulisi tiedonkeruu ajoittaa aikaan, jolloin aluskasvillisuus on vähimmillään eikä puissa ole lehtiä. Toisessa vaiheessa kerätty lähtötieto jalostetaan maastomalliksi ja luotu malli käy läpi mallintekijän sisäisen laatukontrollin. (Liikenneviraston ohjeita 18/2011.)

3.1.2 Tiedonkeruumenetelmät

Laserkeilaus

Laserkeilaus voidaan suorittaa joko helikopterista n. 300 m:n korkeudesta tai lentokoneesta n. 500 m:n korkeudesta. Laserkeilauksella tuotetun aineiston korkeustieto saadaan kalibroitua oikeaan tasoon mittaamalla takymetrillä mallialueelle 2 - 3 tasaiselle alueelle n. 10 x 10 m korkeuspisteruudusto, joista taso kalibroidaan. Lentolinjat sidotaan koordinaatistoon vähintään kolmen GPS-tukiaseman avulla, jotka sulkevat mallinnettavan alueen sisäänsä. GPS-tukiasemien on oltava alle 20 km:n päässä mallinnettavasta alueesta. Lentokone- ja helikopterikeilausaineiston tasosijainnin oikeellisuuden varmistamiseksi on maastoon mitattava n. 2 km:n välein yksiselitteisiä pisteitä, jotka on tunnistettavissa laserkeilauksella tuotetusta aineistosta. (Liikenneviraston ohjeita 18/2011.)

Laserkeilauksen suorittaminen ajoneuvosta edellyttää kaikkien mallinnettavalla alueella olevien teiden, kaistojen, ramppien ja kevyenliikenteenväylien läpi ajamista. Ajoneuvokeilauksessa voidaan käyttää nopeutena jopa 80 km/h. Keilausdatan tasosijainnin koordinaatistoon sitomiseen käytetään vähintään neljää GPS-tukiasemaa, joiden muodostaman alueen sisälle mallinnettava alue rajoittuu. Etäisyys tukiasemalle saa olla enintään 20 km. Keilausdatan tarkan tasosijainnin koordinaatistoon si-

tomiseksi mitataan takymetrillä maastoon n. 200 m välein viivoja tai muita yksiselitteisiä kohteita, jotka ovat keilausaineistosta tunnistettavissa. (Liikenneviraston ohjeita 18/2011.)

Maalaserkartoitus ja stop-and-go -laserkeilauksella voidaan mitata pienehköjä maastomallikohteita, esim. olemassa olevat eritasoliittymät voidaan kartoittaa maalaserkeilaimella tai ajoneuvoon kiinnitetyllä keilaimella (stop-and-go -menetelmä). Mittauksen orientointi tehdään samalla periaatteella kuin takymetrimittauksessa. (Liikenneviraston ohjeita 18/2011.)

Fotogrammetrinen mittaus

Fotogrammetrisessä mittauksessa kohde kuvataan 500 m:n korkeudelta laajaformaattisella ilmakuvakameralla siten, että kuvauksen maastoresoluutio on 5 cm tai parempi. Kuvaaminen on suoritettava lehdeettömän puun aikaan ja kuvaamista varten on kaikki kohteen mittausperustan pisteet näkyvöitettävä. Kuvausjonojen reunoille on tarvittaessa rakennettava uusia tukipisteitä n. 500 m:n välein. Tukipisteiden koordinaatit voidaan paikantaa takymetrillä tai staattisella GPS-mittauksella. (Liikenneviraston ohjeita 18/2011.)

Maastokartoitus

Maastokartoitusta käytetään edellisissä kohdissa kuvatun menettelyn maastotäydennyksiin ja pienissä hankkeissa koko mallin tuottamiseen. Mittaus suoritetaan runkopisteeltä tai vapaalta asemapisteltä. Mittauksen orientointiratkaisut tallennetaan raportointia varten. (Liikenneviraston ohjeita 18/2011.)

Satelliittimittaus

Satelliittimittauksella voidaan mitata laserkeilauksen täydennysmittausten kuviomaisia kohteita, kuten avokalliorajauksia ja kuviorajoja. Näissä kohteissa korkeus otetaan kuitenkin laserkeilauksen avulla tehdystä maanpintamallista. Kartoituskohteet, jotka eivät lopullisessa maastomallissa mene maanpinnan kohteiksi, voidaan mitata satelliittimittauksena. (Liikenneviraston ohjeita 18/2011.)

3.1.3 Maastomallin tuottaminen ja editointi

Tuottaminen

Maastomallit tuotetaan edellä esiteltyjen tiedonkeruumenetelmien tuottamien lähtöaineistojen pohjalta. Joillain tiedonkeruumenetelmillä tuotettuja lähtöaineistoja voidaan joutua yksityiskohtien osalta täydentämään tai varmistamaan toisella mittausmenetelmällä tuotetulla tarkemmalla aineistolla. (Liikenneviraston ohjeita 18/2011.)

Editointi

Maastomallia editoidessa yhdistellään eri tiedonkeruumenetelmillä tuotettua ainestoa ja määritellään maanpinnan hajapisteet, mikä laserkeilauksen yhteydessä tarkoittaa lähtödatan harventamista järkevään pistetiheyteen. Maanpinnan hajapisteiden pisteväli saa olla enintään 10 m. Normaaliolosuhteissa pistevälinä käytetään yleisesti n. 3 m. Maastomallia editoitaessa siitä poistetaan hajapisteiden pinnoilta, luiskista ja leikkauksista. Rumpujen mallintamiseksi muodostetaan rumpujen päät

yhdistävät taiteviivat. Minimietäisyys taiteviivojen välillä on 2 cm. Tätä lähempänä toisiaan olevat taiteviivat aiheuttavat virheitä kolmioverkon muodostuksessa. Editoinnin jälkeen suoritetaan tuotetulle hajapiste- ja taiteviiva-aineistolle koemallinnus ja muut mallintuottajan omat laadunvarmistustoimet. (Liikenneviraston ohjeita 18/2011.)

3.2 Mallipohjainen suunnittelu

Mallipohjaista suunnittelua voidaan hyödyntää kaikissa suunnitteluvaiheissa. Esisuunnitteluvaiheessa 3D-malleja on järkevää tehdä havainnollistamaan vain jotain merkityksellisimpiä kohteita. Yleissuunnitteluvaiheessa 3D-malleja voidaan käyttää tehokkaasti hyödyksi vuorovaikutustilanteissa, joissa hankkeen eri osapuolet sekä loppukäyttäjät saavat visuaalisesti kattavan kuvan hankkeen laajuudesta ja suunnitelluista järjestelyistä. Tiesuunnitteluvaiheessa mennään yksityiskohtaisempiin seikkoihin, joita voidaan helposti havainnollistaa asianomaisille 3D-mallien avulla. Rakennussuunnitteluvaiheessa mallinnetaan tien rakenne sekä varusteet ja laitteet. Tässä mallissa tarkastetaan kaikkien eri suunnittelualojen suunnitelmien yhteensopivuus. Rakennussuunnitteluvaiheessa luodusta mallista urakoitsija luo toteutusmallin, jota käytetään työmaalla tehtävissä mittauksissa perinteisillä mittalaitteilla sekä koneautomaatiomittalaitteilla. (Liikenneviraston ohjeita 20k/2014.)

Mallipohjainen suunnittelu vähentää saman työn tekemistä useaan kertaan, sillä tietoa voidaan siirrellä ja kopioida oikeassa muodossa eri osapuolien välillä. Mallipohjainen suunnittelu tehostaa työmaaprosessia, sillä mallista työmaan johdon on helppo hahmottaa mitä mihinkin tullaan rakentamaan. Mallista saadaan myös määrä ja massatietoja ulos helposti ja luotettavasti. Mallipohjainen suunnittelu myös edesauttaa koneautomaation käyttöä niin rakentamisessa kuin toteumamittausten suorituksessakin, ja näin parantaa rakentamisen tuottavuutta. (Liikenneviraston ohjeita 20k/2014.)

3.3 Mallintarkastus

Inframallien laadunvarmistuksen tulee olla osa hyvän suunnittelukäytännön mukaista menettelyä. Tuotetut inframallit tulee tarkistaa läpi koko suunnitteluprosessin, jotta voidaan varmistaa aineiston yhteensopivuus, tietotekninen kelpoisuus ja kattavuus. Laadunvarmistuksessa voidaan käyttää sekä visuaalisia että teknisiä menetelmiä. Inframallin laadunvarmistus ei korvaa tavanomaista suunnitelman laadunvarmistusta, jonka avulla tulee todeta suunnitelman laatu muilta osin, kuten tekninen ja ympäristöllinen kelpoisuus, ohjeidenmukaisuus ja mitoitus. Laadunvarmistus itselle luovutuksineen ja toimenpiteiden dokumentointi on inframallin laatijalle kuuluva tehtävä. Lisäksi voidaan teettää laadunvarmistus hankkeen ulkopuolisella toimijalla. Tällainen menettely voi olla perusteltu etenkin mallipohjaisen toiminnan pilottivaiheessa. (Liikenneviraston ohjeita 20k/2014.)

Eri tekniikka-alojen suunnitelma-aineiston keskinäinen yhteensopivuus varmistetaan yhdistelmämallin avulla. Yhdistelmämalli laaditaan kunkin tekniikkalajin tuottamista mallitiedostoista. Yhdistelyn yhteydessä tarkistetaan, että mallinnuksesta on laadittu malliselostus ja mallitiedostot on kirjattu kommentteineen aineistoluetteloon. Yhteensopivuustarkastelu toteutetaan sekä visuaalisin keinoin että ohjelmistojen yhteentörmäystarkastelujen avulla. Infrarakenteiden mallien yhteensopi-

vuuden tarkastamiseen on käytettävissä toimintoja eräissä visualisointi- ja model checker-ohjelmistoissa. Yhteensopivuuden varmistamisessa tulee kuitenkin aina käyttää myös tekniikka-alojen tekemiä visuaalisia ristiintarkastuksia. (Liikenneviraston ohjeita 20k/2014.)

3.4 Tietomallin käyttö rakentamisessa

3.4.1 Kaivavat koneet/ opastava järjestelmä

Kaivinkoneisiin integroitavat koneohjausjärjestelmät auttavat koneiden kuljettajia saavuttamaan tavoitellun tason ilman muita mittalaitteita ja mittausmenetelmiä. Näin esimerkiksi korkokeppien, luiskamallien ja kolmipukkien pystyttämistä ja paikoilleen mittaukselta välttyään, mikä keventää mittamiesten työtaakkaa huomattavasti. Lisäksi työteho kasvaa, sillä kuljettajan ei tarvitse keskeyttää työskentelyä koron- tai linjan tarkastusta varten, vaan kuljettaja näkee reaaliaikaisesti kauhan aseman suunniteltuun korkoon ja linjaan nähden.

Koneohjauksella saavutetaan työmaalla huomattavia etuja koska rakennettavia rakenteita ei tarvitse ennalta merkata maastoon, jolloin kuljettajien ei myöskään tarvitse varoa mittakeppejä työskennellessään. Lisäksi työvaiheesta toiseen siirtyminen on joustavaa, sillä koneissa on käytettävissä kaikkien rakenteiden mallit. Tämä etu korostuu etenkin aiemman työvaiheen keskeytyessä yllättäen esim. maastosta tai sääolosuhteista johtuen.

Kaivinkoneen mittausjärjestelmä koostuu kauhan, puomiston ja rungon anturoinnista sekä näyttöpanelista, joka toimii myös järjestelmän ohjauslaitteena. Koneohjausjärjestelmiin kuuluu myös satelliittipaikantimet, joita varhaisissa versioissa oli vain yksi. Yhden vastaanottimen järjestelmien heikkoutena oli, että aina konetta siirrettäessä täytyi koneen ylävaunua pyöryttää jotta järjestelmä saa itsensä paikannettua. Nykyisissä kahden satelliittivastaanottimen järjestelmissä vastaavaa ongelmaa ei ole, vaan kone pysyy jatkuvasti tietoisena omasta sijainnistaan.

Kaivinkoneen 3D-koneohjaus perustuu RTK-GNSS -satelliittipaikannukseen. Tukiaseman tai verkko-korjauspalvelun tuottaman korjaussignaalin avulla työkoneen järjestelmällä saavutetaan senttimetri-luokan tarkkuus. 3D-koneohjauksella työkoneesta itsestään tulee tarkka mittalaite. (novatron.fi.)

3.4.2 Puskevat koneet/ ohjaavat järjestelmät

Pusku- ja traktoreihin integroidut koneohjausjärjestelmät säätelevät automaattisesti pusku- ja traktorin levyn korkeutta ja poikittaisskallistusta anturitekniikan avulla. Hydraulikkajärjestelmään yhteydessä oleva levynohjaus mahdollistaa pinnan viimeistelyn nopeasti ja tarkasti. Viimeistelyvaiheessa kuljettajan vastuulle jää ajosuunnan- ja ajonopeudenhallinta. Haluttu lopputulos saadaan kerta ajolla edellyttäen, että levyn edessä on koko ajan levitettävää materiaalia eikä levy siis kulje ilmassa.

Koneohjauksen käyttö tekee pusku- ja traktorista huomattavasti monikäyttöisemmän koneen tierakentamisessa, koska se mahdollistaa pusku- ja traktorin tehokkaan käytön rakennekerrosten vastaanotossa.

Kuljettajan ei tarvitse keskeyttää työskentelyä tarkastaakseen rakenteen pinnan korkoa perinteisellä korkokeppi ja mittatikku -menetelmällä.

Tiehöyliin integroidut koneohjausjärjestelmät säätävät automaattisesti terän korkeutta ja poikittaiskallistusta anturitekniikan avulla. Tiehöylän hydrauliikkajärjestelmään yhteydessä oleva teränohjaus mahdollistaa pinnan viimeistelyn nopeasti ja tarkasti, edellyttäen että terän edessä on kokoajan levittävää materiaalia. Tiehöylän paikka- ja korkeustietojen lähteenä voidaan käyttää RTK-GNSS järjestelmää, jonka tarkkuus on cm luokkaa tai takymetriä jonka tarkkuus on mm luokkaa. (novaron.fi.)

3.4.3 Infrakit-mallinkatseluohjelma työnjohdolle ja tilaajalle

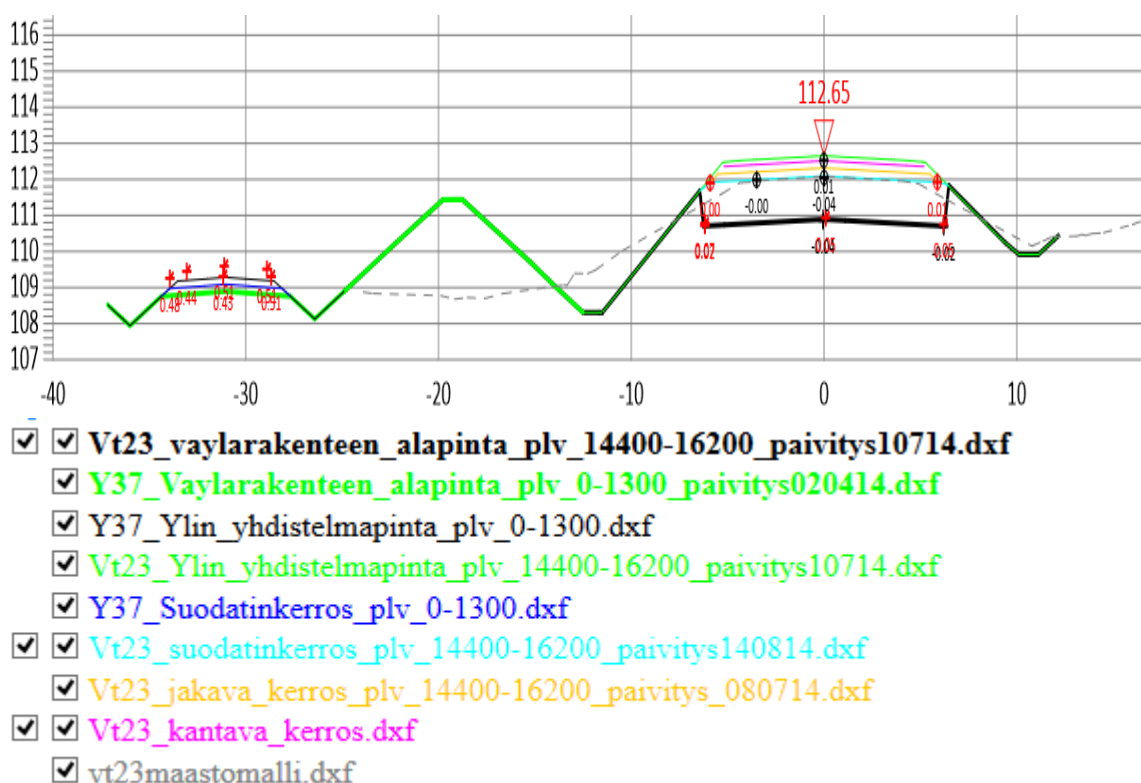
Destiassa on käytössä suomalainen infrakit-sovellus, josta on olemassa pc- ja mobiiliversiot. Infrakittissä voidaan Google maps:iin perustuvan kartan päälle avata eri malleja ja mittalinjoja. Mallien poikkileikkauksia voidaan tarkastella halutun paalulukeman kohdalta molemmilla versioilla. Lisäksi mobiiliversiolla voi maastossa paikallistaa oman paaluasemansa ja sivupoikkeaman puhelimen tai tablet-laitteen GPS-paikantimen mahdollistamalla tarkkuudella.

Oman sijainnin paikallistamisesta on valtavasti hyötyä, sillä rakennettavalla väylällä ei koneohjausta käytävillä työmailla ole korko- ja linjakepitystä josta paalulukeman voisi tarkastaa. Maastossa oman sijainnin poikkileikkauksen tarkastelumahdollisuus auttaa työnjohtajaa hahmottamaan mitä kussakin maaston kohdassa tullaan tekemään, koska poikkileikkauspiirroksessa näkyy referenssiiviivana vanha kartoitettu maanpinta tai vanhan tielinjan päälle rakennettaessa vanha tienpinta. Sovelluksessa on myös mittaustyökalut etäisyyksien ja pinta-alojen mittaamiseen. Infrakittiä voidaan mobiililaitteilla hyödyntää myös sitomalla valokuva paikkatietoon ja kirjoittamalla kuvalle selitys esim. peitettävää rakennetta rakentaessa.

Infrakit mahdollistaa koneiden sijainnin tarkkailun ja samalla työajan / työtehon seurannan. Työteho seuranta perustuu esim. leikkausta tehdessä koneen päivän aikana ottamien tarkemittausten määrään leikkaustasosta, joista voidaan tulkita kuinka paljon valmista leikkausta kone on saanut aikaiseksi. Tämä ominaisuus ei kuitenkaan toimi kaikkien koneohjausjärjestelmien kanssa, sillä kaikki järjestelmät eivät ole jatkuvassa yhteydessä palvelimeen jolta tieto välittyy infrakittiin. Järjestelmät, jotka eivät ole jatkuvassa yhteydessä palvelimelle, lähettävät tarkemittaustiedot palvelimelle esim. kerran päivässä tai viikossa. Kuljettajalla on myös mahdollisuus lähettää tiedot palvelimelle aina halutessaan esim. työnjohdon pyynnöstä. Järjestelmillä, jotka eivät ole jatkuvasti yhteydessä palvelimeen, ei ole myöskään mahdollista toteuttaa työaikaseurantaa, koska koneohjausjärjestelmä ei tallenna kuinka kauan kone on ollut aktiivisena päivän aikana.

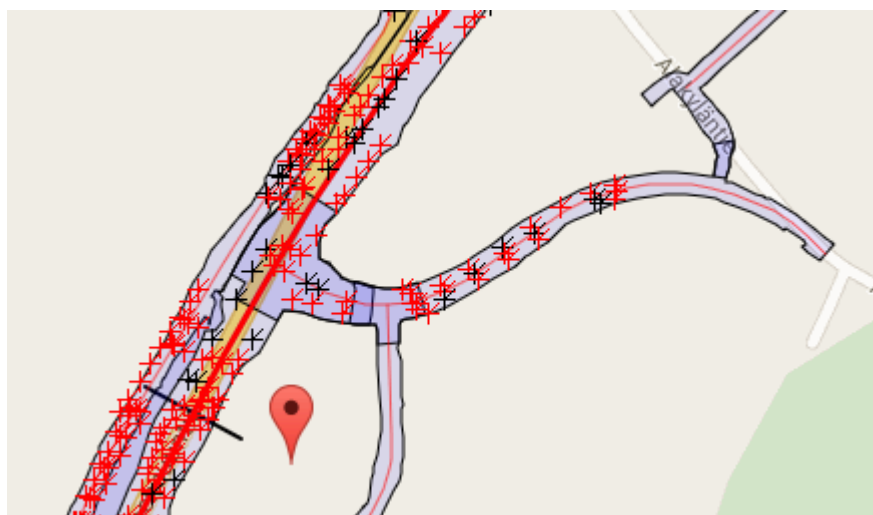
Infrakitin avulla työnjohto voi pc- ja mobiiliversiolla tarkastella mittamiesten sekä koneiden ottamia ja lähettämiä tarketietoja. Poikkileikkauksnäkyvässä koneiden ottamat pisteet näkyvät värikoodattuna rasteina (kuva 4). Musta on toleranssin sisällä ja punainen yli toleranssin. Mittamiehen ottamat pisteet on esitetty rasteilla, jotka ovat ympyrän sisällä. Poikkileikkauksnäkyvästä on myös helppo nähdä tarkkeen sijainti taiteviivaan nähden. Jos tarke on otettu taiteviivan ulkopuolelta, saa se mit-

taus tuloksen näyttämään epäluotettavalta vaikka työ sinällään olisikin tehty oikein. (liite 5)



KUVA 4. Infrakit poikkileikkauksenäkymä (Ville Nyssönen)

Infrakitin karttanäkymällä voi tarkastella miltä alueilta tarkemittaukset on suoritettu ja miltä ei. Lisäksi karttanäkymästä on helppo hahmottaa miten uudet rakennettavat linjat sijoittuvat vanhoihin oleviin teihin nähden (kuva 5). Tarkasteltavat poikkileikkaukset valitaan karttanäkymässä klikkaamalla haluttua kohtaa ja valitsemalla "piirrä poikkileikkaus".



KUVA 5. Infrakit karttanäkymä (Ville Nyssönen)

Infrakitin käytöllä saadaan toiminnasta läpinäkyvää myös tilaajan suuntaan antamalla tilaajan edustajalle infrakit-tunnukset, joilla hän pääsee tutkimaan työmaan tarketietoja. Uusin kokeiluasteella oleva järjestely on, että tilaajan edustaja voi hyväksyä työmaalta tulleet tarkkeet infrakitillä omassa

toimistossaan jolloin tärkeiden merkinä olevat rastit muuttuvat vihreiksi. Se on merkki työmaalle tilaajan edustajan antaneen luvan jatkaa seuraavan rakennekerroksen rakentamista.

4 LAADUNVARMISTUS MALLIPOHJAISESTI

Tarkemittausten suorittamisesta on infraRYL:issä sanottu: takymetrillä tai muulla yhtä luotettavalla tavalla. Liikennevirastolla on valmisteilla yleiset ohjeet siitä, miten ja millä edellytyksillä työkoneilla suoritettavat tarkemittaukset tulkitaan yhtä luotettaviksi kuin takymetrillä suoritettavat mittaukset. Ilman tätä virallista ohjeistusta on työkoneilla suoritettavista tarkemittauksista sovittu erikseen hankekohdaisesti tilaajan kanssa.

4.1 Työkoneiden mittalaitteiden tarkkuuden tarkastaminen

Jotta työkoneiden mittalaitteita voidaan pitää riittävän luotettavina tarkemittausten suorittamiseen, täytyy niiden mittaustarkkuutta tarkastella luotettavaksi havaitulla menetelmällä.

Esimerkkinä menettelytapa työkoneiden mittalaitteiden luotettavuuden kontrollionnista viimekesäiseltä työmaaltani VT23 parantaminen. Työkoneiden mittalaitteiden tarkastuksesta huolehti pääura-koitsijan mittamies. Mittamies kiersi työkoneet viikoittain tehden niille tarkastuksen, jossa verrattiin mittamiehen GPS-mittalaitteen tai takymetrin ja työkoneen mittalaitteen antamia koordinaatteja ja korkeustietoa keskenään samalle pisteelle. Mittaus suoritettiin käytännössä siten, että mittamies maalasi maahan rastin jonka koordinaatit hän paikallisti GPS-laitteellaan tai takymetrillään. Tämän jälkeen työkoneen kuljettaja asetti työkoneen työvälineen mittapisteen maahan maalatun rastin päälle. Näin saatuja koordinaatteja verrattiin toisiinsa. Mikäli koordinaateissa tai koroissa oli merkitävä poikkeama, työ keskeytettiin ja alettiin mittausvirheen syytä selvittää. Virheen havaitsemisen jälkeen on myös syytä tarkastaa rakenteet joita kone on viimeisimpänä tehnyt. Tällä tavalla vältetään ongelmilta seuraavissa työvaiheissa eikä rakentamisen laatu kärsi, mikäli työkoneella on tehty virheellistä lopputulosta. Mahdollisia syitä virheelle ovat esim. mittalaitteessa valittuna väärä työväline, kulunut työväline, vika työkoneen antureissa tai työkoneen vääntynyt antennimasto.

Jotta aiemmin kuvattua koneiden tarkastusmenettelyä voitiin pitää luotettavana, kävi mittamies ennen koneiden tarkastamista tarkastamassa oman GPS-laitteensa tarkkuuden tunnetulla pisteellä. Laadunvarmistuksen todentamiseksi mittamies piti taulukkoa GPS-laitteensa tarkkuudesta tunnetulla pisteellä sekä työkoneiden mittalaitteiden tarkkuudesta verrattuna omaan GPS-laitteeseensa. Koko kesän kestäneestä tarkkuuden tarkkailusta voidaan todeta työkoneiden mittalaitteiden olevan riittävän luotettavia tarkemittausten suorittamiseen. (liitteet 1 ja 2)

4.2 Työkoneilla suoritettujen tarkemittausten tarkkuuden todentaminen

Työmaallani tehtiin tilaajan kanssa sopimus tarkemittausten suorittamisesta työkoneilla sillä edellytyksellä että suoritimme todentamisjakson, jolla suoritettiin tarkemittaukset sekä työkoneilla että mittamiehen mittaamana takymetrillä 20 m:n välein taitepisteiltä. Todentamisjakso koostui kahdesta osasta, jotka olivat 150 m ja 200 m joilta tarkemittaukset suoritettiin suodatinkerroksen pinnalta. Todentamisjakson jälkeen todettiin työkoneilla suoritettujen tarkemittausten olevan riittävän tarkko-

ja ja luotettavia, jotta voidaan luopua mittamiehen suorittamista tarkemittauksista 20 m:n välein.
(liitteet 3 ja 4)

5 KULJETTAJIEN VASTUUTTAMINEN LAADUNVARMISTUKSESTA

5.1 Mittausten suorittaminen

Mallipohjaisen laadunvarmistuksen onnistumisen avainasemassa ovat työkoneiden kuljettajat, joiden vastuulle koko tarkemittaamisen suorittaminen on siirtymässä. Tämä edellyttää kuljettajien perehdyttämistä uusien työtehtävien tasalle. Kuljettajille tulee saattaa tietoon vaatimukset ja ohjeet siitä, mitä heiltä ja heidän suorittamiltaan tarkemittauksilta odotetaan. Kuljettajien tulee myös itse huolehtia, että eivät siirry seuraavaan työvaiheeseen ennen tarkemittausten suoritusta, sillä koneautomaation käyttö mahdollistaa saumattoman hyppimisen työvaiheiden välillä ilman mittamiehen käyntiä paikalla.

5.2 Työvaiheen laadun hyväksyttäminen

Virheiden ja puutteiden välttämiseksi tulisi koneiden kuljettajien käydä hyväksyttämässä lopettamiensa työvaiheiden tarkemittauksilukset työnjohdolla ennen seuraavaan työvaiheeseen siirtymistä. Tällä toimenpiteellä varmistuttaisiin siitä, että työn laatu on vaaditulla tasolla ja tarkemittaukset on varmasti suoritettu ja lähetetty onnistuneesti palvelimelle. Tässä vaiheessa huomattaviin virheisiin ja puutteisiin olisi vielä helppo puuttua. Tämän hyväksyttämiskäytännön käyttöönottoa rajoittaa se, että kaikkien valmistajien koneautomaatiojärjestelmät eivät toimi saumattomasti työnjohdon mallinkatseluohjelma infrakitin kanssa, vaan ne vaativat mittamiehen suorittamia manuaalisia tiedostomuodon muuttamisia.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli luoda ohjeistus mallipohjaisesta laadunvarmistuksesta väyläura-koissa Destia Oy:n työnjohdon käyttöön. Työssäni käsittelin selkeästi millaisia laadunvarmistus toimenpiteitä tierakentamisessa yleensä vaaditaan ja millaisia erityispiirteitä mallipohjainen laadunvarmistus tuo mukanaan. Kuten työstäkin käy ilmi, voidaan mallipohjaista laadunvarmistusta pitää luotettavana tapana jo nykyisillä järjestelmillä ja menetelmillä. Tulevaisuuden näkymissä mallipohjainen laadunvarmistus tulee olemaan erittäin käyttökelpoinen systeemi, kun työssäkin esille tulleet pienet yhteensopivuusongelmat saadaan poistettua. Mielestäni sain koottua työstäni monipuolisesti kattavan kokonaisuuden laadunvarmistuksesta ja mallipohjaisesta laadunvarmistuksesta. Työn paikkaansäpitävyyden voisi vielä tarkastaa Liikenneviraston virallisen ohjeistuksen valmistuttua.

LÄHTEET

Ely-keskus.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-04-07]. Saatavissa: <http://www.ely-keskus.fi/>

Polku: Ely-keskus.fi. Ely-keskukset. Pohjois-savo. Projektit ja hankkeet. Tiehankkeet. Valtatie 23 Varkaus - Viinijärvi

INFRARYL 2012. [verkkojulkaisu]. Maa-, pohja- ja kalliorakenteet. Helsinki: Rakennustieto Oy.

INFRARYL 2012. [verkkojulkaisu]. Päällys- ja pintarakenteet. Helsinki: Rakennustieto Oy.

LIIKENNEVIRASTO 2011. Liikenneviraston ohjeita 18/2011. Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot - mittausohje [verkkojulkaisu]. Helsinki: Liikennevirasto. [viitattu 2015-04-07]. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2011-18_tie-_ja_ratahankkeiden_web.pdf

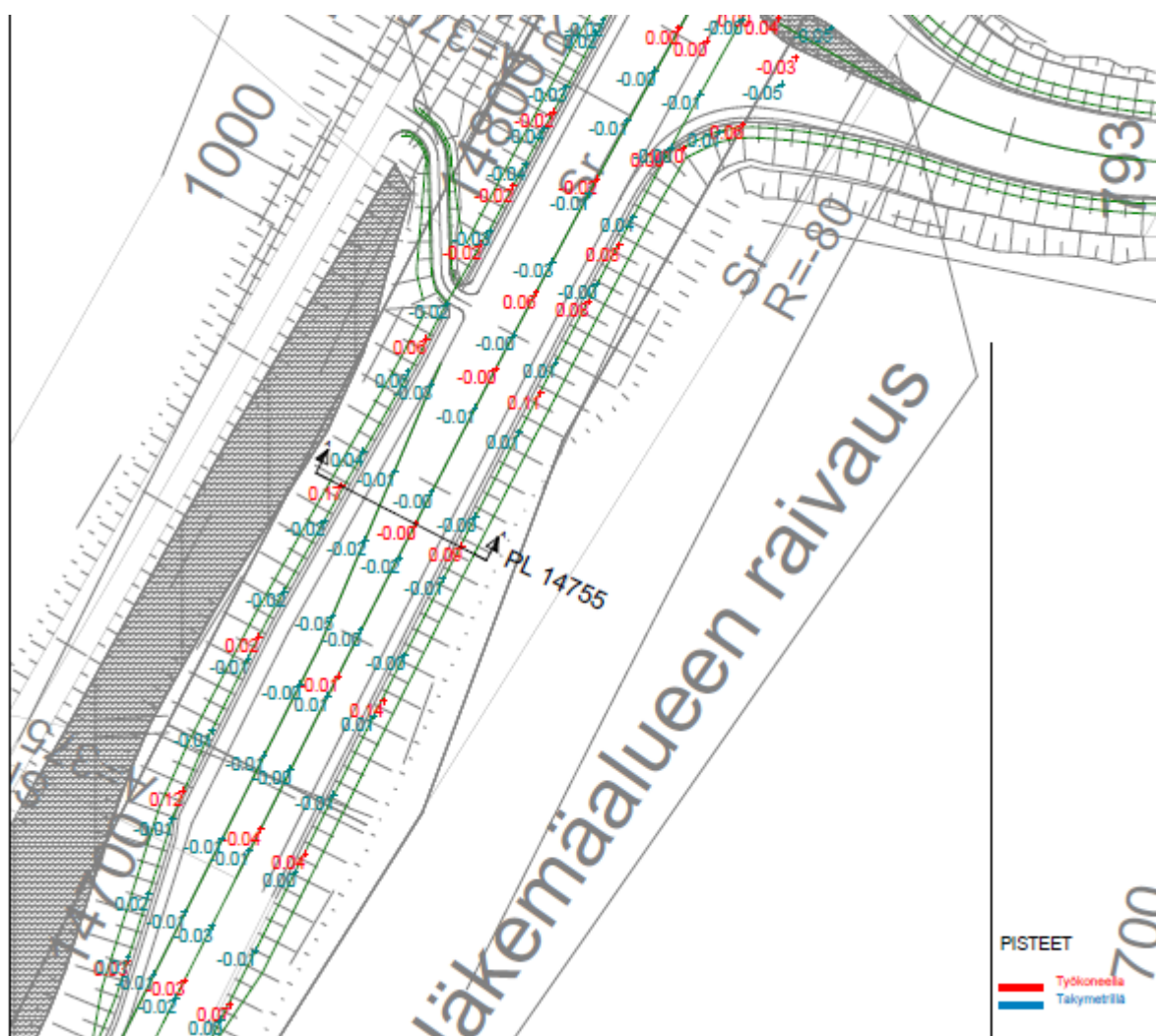
LIIKENNEVIRASTO 2014. Liikenneviraston ohjeita 20k2014. Tiehankkeen mallipohjaisen suunnittelun hankinta [verkkojulkaisu]. Helsinki: Liikennevirasto. [viitattu 2015-04-07]. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-20_tiehankkeiden_mallipohjaisen_web.pdf

NOVATRON. [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-04-07]. Saatavissa: <http://www.novatron.fi/fi/index.html>

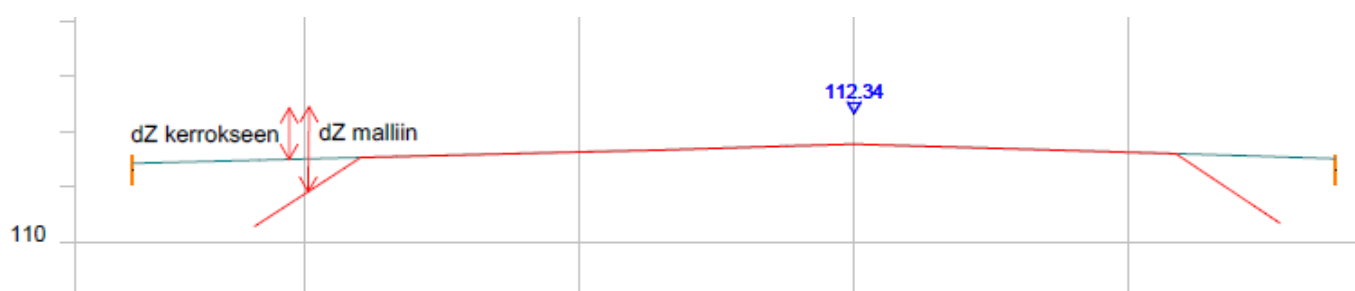
INFRABIM. [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-04-07]. Saatavissa: http://www.infrabim.fi/wp-content/uploads/2014/03/InfraBIM_nimikkeisto_v1_5.pdf

NYSSÖNEN, Ville 2015. Opinnäytetyötä varten otetut kuvat. Infrakit.

LIITE 3: TODENTAMISJAKSO KUVA



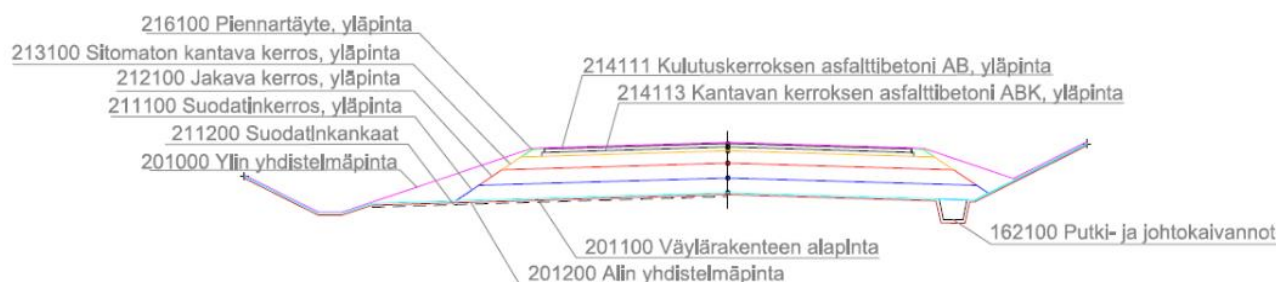
LIITE 5: TODENTAMISJAKSOTAULUKON SELITYSOSA



LIITE 6: TYÖKONEILLA TEHTÄVIEN TARKEMITTAUSTEN OHJEISTUS KULJETTAJILLE

TYÖKONEILLA TEHTÄVIEN TARKEMITTAUSTEN OHJEISTUS KULJETTAJILLE

- Tarkemittaukset on suoritettava huolellisesti oikealle koodille. Koodit löytyvät alla olevasta kuvasta.



Kuva (infrabim.fi)

- Tarkemittaustiheys

Rakennetyyppi	tarkemittaus tiheys	tarkastelu taitepisteiltä	tarkastelu taitepisteiden väliltä 1,0m.n välein
Maaleikkaukset	20m	x	
Penkereet	20m	x	x
Suodatinkerros	20m	x	
Jakavakerros	20m	x	
Kantavakerros	20m	x	

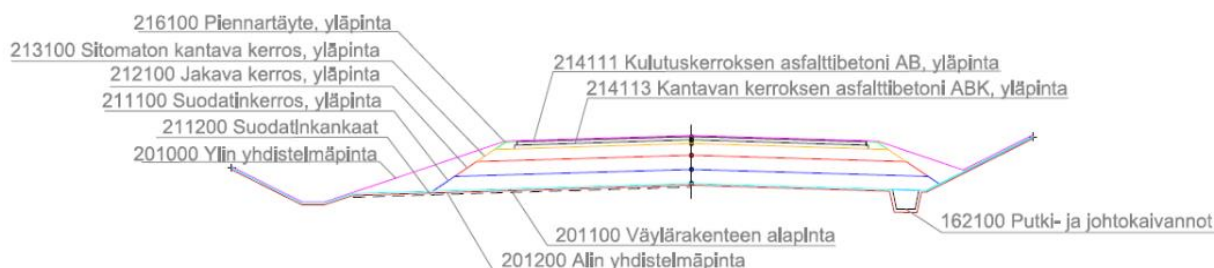
(infraryl 2012/1)

- Mittaa tarkkeet poikkileikkauksen kaikilta taiteviivoilta huomaa bussipysäkit, kiihdytys- ja erkanemiskaistat.
- Työskentelyn aikana huomioitava
 - Kauhan vaihdon yhteydessä muista vaihtaa myös mittalaitteessa valittuna oleva kauha.
 - Tarkkeita ottaessa huomioi mihin kohtaan kauhaa mittapiste on valittuna.
 - Synkronoi tiedot palvelimelle riittävän usein (jotkin laitevalmistajat).
- Jos työn aikana jokin asia epäilyttää, kysy työnjohdolta tai mittamieheltä.

LIITE 7: MALLIPOHJAISEN LAADUNVARMISTUKSEN MUISTILISTA TYÖNJOHDOLLE

MALLIPOHJAISEN LAADUNVARMISTUKSEN MUISTILISTA TYÖNJOHDOLLE

- Opettele käyttämään infrakitiä saadaksesi siitä täysi hyöty irti.
- Valvo aktiivisesti, että tarkkeet saapuvat koneilta infrakitiin riittävän nopeasti, jotta voidaan puuttua puutteisiin tarkkeissa riittävän ajoissa.
- Kiinnitä huomiota tarkkeiden tarkkuuden lisäksi pisteiden koodaukseen. Jos esiintyy vää-
rälle koodille tallentamista huomauta asiasta (koodit alla olevassa kuvassa).
- Kiinnitä huomiota siihen, että tarkkeet on otettu kaikilta taiteviivoilta. Huomaa bussi-
pysäkit, kiihdytys- ja erkanemiskaista.
- Huolehdi, että mittamiehellä on riittävästi resursseja tarkastaa koneiden mittalaitteiden
tarkkuus viikoittain.



Kuva (infrabim.fi)

- Tarkemittaustiheys

Rakennetyyppi	tarkemittaus tiheys	tarkastelu taitepisteiltä	tarkastelu taitepisteiden väliltä 1,0m.n välein
Maaleikkaukset	20m	x	
Penkereet	20m	x	x
Suodatinkerros	20m	x	
Jakavakerros	20m	x	
Kantavakerros	20m	x	

(infraryl 2012/1)